

LIS-Berichte

Nr. 109

Probenahme von polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) in Abgasen mit einem Adsorptionsverfahren

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1993

100 % Altpapier, chlorfrei gebleicht

Probenahme von polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) in Abgasen mit einem Adsorptionsverfahren

Dr. Werner Funcke und Heinz Linnemann,
Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik (GfA), Münster

Dr. Günter Bröker und Dr. Karl-Josef Geueke
Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (LIS), Essen

Dieses Entwicklungsprojekt wurde vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

Herausgeber:
Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Summary	7
1. Einleitung	8
2. Grundlagen des Verfahrens	8
3. Experimenteller Teil	10
3.1. Probenahme	10
3.2. Aufarbeitung und Analyse	10
4. Ergebnisse und Diskussion	11
4.1. PCDF/D-Verteilung in der Probenahme- apparat nach dem Adsorptionsverfahren	11
4.2. Relative Standardabweichungen des Gesamtver- fahrens aus PCDF/D-Doppelbestimmungen mit dem Adsorptionsverfahren unter Beteiligung eines Probenahme- und Analyseninstitutes	11
4.3. Relative Standardabweichungen des Gesamtver- fahrens aus PCDF/D-Doppelbestimmungen mit dem Adsorptionsverfahren unter Beteiligung von zwei verschiedenen Probenahme- und Analyseninstituten	13
4.4. Relative Standardabweichungen für wieder- holte PCDF/D-Aufarbeitungen und -Analysen	13
4.5. Vergleich des Adsorptionsverfahrens mit dem Filter/Kühler-Verfahren	13
5. Schlußfolgerungen	13
6. Schrifttum	16
7. Tabellenanhang	19

Probenahme von polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) in Abgasen mit einem Adsorptionsverfahren

Dr. Werner Funcke und Heinz Linnemann,

Dr. Günter Bröker und Dr. Karl-Josef Geueke

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Probenahme von PCDF/D in Abgasen von Feuerungsanlagen oder anderen industriellen Anlagen vorgestellt, bei dem die Abscheidung dieser Substanzen in einer einzigen Sammelphase, bestehend aus einer Kombination von Quarzwatte und einem polymeren organischen Adsorbens (vorbehandeltes XAD-2) erfolgt. Dieses Probenahmeverfahren kann im Abgas bei Temperaturen bis über 1000°C, bei Staubgehalten bis ca. 1 g/m³ und Wassergehalten von mehr als 300 g/m³ eingesetzt werden. Die relativen Standardabweichungen aus Doppelbestimmungen als Ver-

fahrenskenngrößen und Vergleiche mit bisher bekannten Probenahmeverfahren bei PCDF/D-Abgaskonzentrationen zwischen 2 und 0,02 ng (TE)/m³ (TEF gemäß NATO/CCMS) werden vorgestellt. Ebenso werden Vergleichsmessungen im PCDF/D-Konzentrationsbereich $\leq 0,1$ ng (TE)/m³ zwischen zwei verschiedenen Probennehmern und Meßinstituten beschrieben. Somit erfüllt dieses Verfahren die Qualitätsanforderungen für eine VDI-Richtlinie und ist auch zur Überprüfung des PCDF/D-Grenzwertes von 0,1 ng (TE)/m³ gemäß der 17. BImSchV geeignet.

Sampling of chlorinated dibenzofurans and dibenzodioxins in flue gases by a new adsorption procedure

Summary

A method for sampling polychlorinated dibenzofurans (PCDF) and dibenzodioxins (PCDD) in flue gases from firing systems or other industrial plants is presented which is marked by the collection of these substances on a combination of quartz wool with a polymeric organic adsorbant (XAD-2). The sampling procedure can be applied to waste gases with temperatures of up to more than 1000°C, dust concentrations to approx. 1 g/m³ and water concentrations of more than 300 g/m³. The relative standard deviations from double measurements

and comparisons with familiar sampling procedures for concentrations of PCDF/PCDD in the flue gas between 2 and 0,02 ng (TE)/m³ (TEF according to NATO/CCMS) are presented to characterize the method. In addition, comparative measurements in the PCDF/PCDD concentration range below 0,1 ng (TE)/m³ by two different persons and institutes are described. As is shown, the procedure fulfills the requirements of the relevant VDI guideline and can be used for measurements to check compliance with the PCDF/PCDD limit of 0,1 ng (TE)/m³ in accordance with the 17th ordinance to the Federal Immission Control Law.

1. Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland wurden in den letzten Jahren vier verschiedene Probenahmeverfahren für PCDF/D in Abgasen von Feuerungsanlagen soweit entwickelt und geprüft, daß sie inzwischen als Gründrucke bzw. Entwürfe zu VDI-Richtlinien 3499 Blatt 1 bis 4 vorliegen [1-4]. Die in den Blättern 1 bis 3 beschriebenen Verfahrenskenngrößen belegen eine gute Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der dort beschriebenen Methoden bei einer PCDF/D-Konzentration von $> 0,8 \text{ ng (TE)/m}^3$. Für das Blatt 2 wurden 1989/1990 entsprechende Verfahrenskenngrößen auch im PCDF/D-Konzentrationsbereich von $< 0,1 \text{ ng (TE)/m}^3$ ermittelt, die in eine zu erstellende CEN-Norm einfließen können.

Die hier vorgestellte PCDF/D-Probenahmeapparatur wurde 1987 mit dem Ziel konzipiert, das Probenahme- und Analysenverfahren zu optimieren bzw. zu vereinfachen; sie wurde 1988 erstmalig eingesetzt und bis 1991 weiter verbessert. Dabei wurde sie im Rahmen von inzwischen mehr als 400 Probenahmen an verschiedenen Anlagen mit PCDF/D-Abgaskonzentrationen von 100 bis $0,005 \text{ ng (TE)/m}^3$ getestet [5].

Die Ergebnisse eines Teils dieser Messungen werden hier hinsichtlich folgender Aspekte vorgestellt:

- PCDF/D-Verteilung in der Probenahmeapparatur;
- Bestimmung von PCDF/D-Durchbrüchen durch die Adsorptionseinheit;
- Bestimmung von relativen Standardabweichungen des Gesamtverfahrens aus Doppelbestimmungen bei relativ hohen PCDF/D-Abgaskonzentrationen von ca. 2 ng (TE)/m^3 und relativ niedrigen Konzentrationen von ca. $0,02 \text{ ng (TE)/m}^3$;
- Bestimmung von relativen Standardabweichungen des Aufarbeitungs- und GC/MS-Verfahrens bei relativ niedrigen PCDF/D-Abgaskonzentrationen von ca. $0,1 \text{ ng (TE)/m}^3$;
- Vergleichsmessungen des Verfahrens durch ein Probenahme- und Analyseninstitut mit einem herkömmlichen Verfahren gemäß VDI-Richtlinienentwurf 3499 Blatt 2 bei relativ hohen und niedrigen PCDF/D-Abgaskonzentrationen (2 ng (TE)/m^3 bzw.

$0,004 \text{ bis } 0,1 \text{ ng (TE)/m}^3$);

- Vergleichsmessungen des Verfahrens durch zwei verschiedene Probenahme- und Analyseninstitute bei relativ niedrigen PCDF/D-Abgaskonzentrationen von $< 0,1 \text{ ng (TE)/m}^3$.

2. Grundlagen des Verfahrens

Das Meßgas wird gemäß VDI-Richtlinie 2066 [6] und 3499 Blatt 3 [3] unter isokinetischen Bedingungen durch ein wassergekühltes Absaugrohr mit Glasinnenrohr abgesaugt und dann zusammen mit dem anfallenden Kondensat über eine Adsorptionseinheit geleitet, die aus einem Feststoffadsorber besteht, dem zur Staubabscheidung ein gestopftes Quarzwattefilter vorgeschaltet ist.

Den Aufbau der Apparatur zeigt Bild 1.

Im einzelnen besteht die Apparatur aus folgenden Teilen:

- Sonde: Ansaugdüse, Krümmer aus Titan, mit Insert aus Glas versehen, doppelmanteliges Stützrohr zur Wasserkühlung der Sonde;
- PCDF/D-Sammelphase: Glaskartusche mit Quarzwatte gestopft, vorbehandeltes XAD-2, DO-Fritte; die Verbindung zur Sonde erfolgt über Glasrohre mit gasdichten, flexiblen Kugelschliffen;
- Meßgaskühler zur weitgehenden Entfernung der Abgasfeuchte;
- Gasfördersystem mit Volumenbestimmung.

Nach der Probenahme wird in der Regel das Glasinnenrohr des Absaugrohres entnommen und verworfen, ebenso das ggf. aufgefangene Kondensat. Beim Auftreten von Ablagerungen im Glasinsert ist die gesonderte Untersuchung des Sondenrohres notwendig, falls sich diese nicht durch Spülen mit z.B. Aceton entfernen lassen.

Folgende Teilproben fallen somit an:

- ggf. Glasrohr des Absaugrohres oder Spüllösung;
- staubbeladene Quarzwatte in einer Glaskartusche zusammen mit einem Feststoffadsorbens.

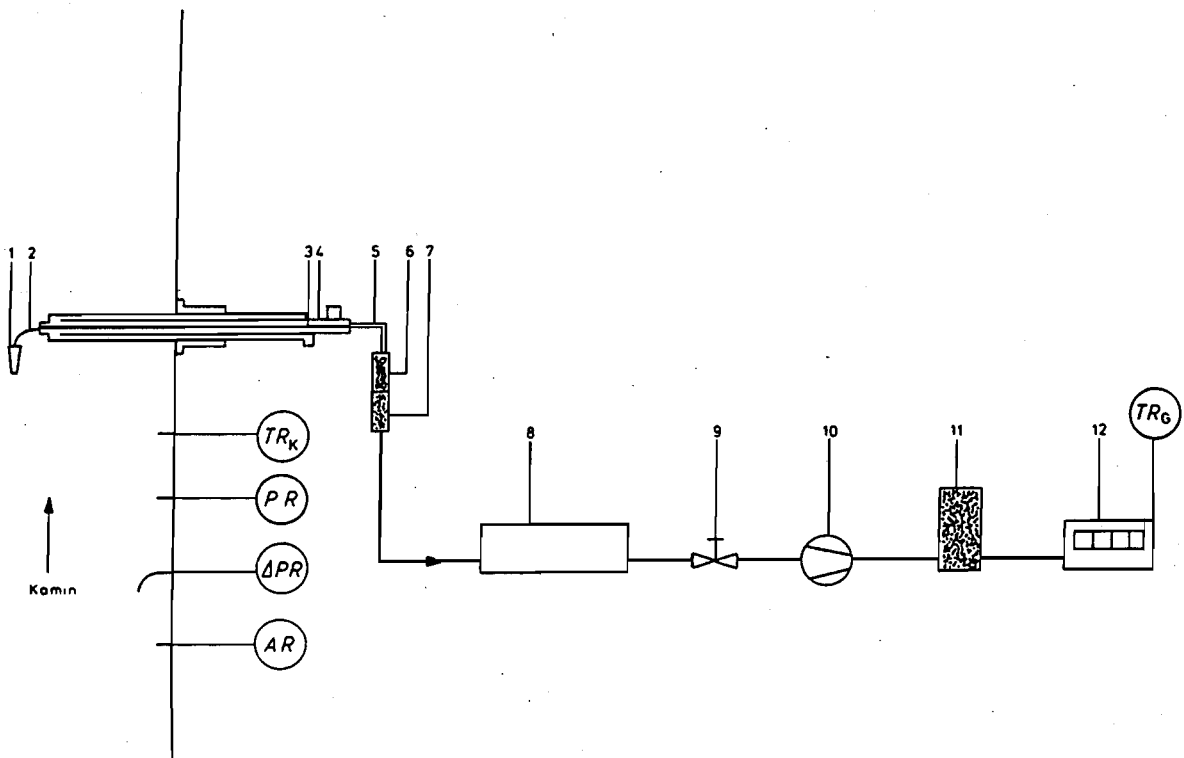


Bild 1: Aufbau der Probenahmeapparatur

- | | | | |
|----|------------------------------|-----------------|---|
| 1. | Entnahmesonde (Titan) | 10. | Saugpumpe |
| 2. | Krümmer | 11. | Silicagel Trockenturm |
| 3. | Glasrohr | 12. | Gasuhr |
| 4. | gekühltes Absaugrohr (Titan) | TR _K | Temperatur im Kamin |
| 5. | Glasverbindungsstück | TR _G | Temperatur an der Gasuhr |
| 6. | Quarzwattfilter | PR | Druck im Kamin |
| 7. | XAD-2 Harz | ΔPR | Differenzdruck im Kamin (dynamisch) |
| 8. | Meßgaskühler | AR | Rauchgasanalyse (CO ₂ + O ₂) |
| 9. | Regelventil | | |

Quarzwatte und Feststoffadsorbens werden gemeinsam extrahiert und für die Analyse aufgearbeitet.

Die Extraktion und Aufarbeitung des Glasrohres sollte unter Berücksichtigung möglicher Sekundärkontaminationen nur im Einzelfall erfolgen.

Je nach Aufgabenstellung können Teilextrakte für die Aufarbeitung und Analyse anderer Substanzen wie

- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- polychlorierte Biphenyle (PCB)
- polychlorierte Benzole (PCBz)
- polychlorierte Phenole (PCPh).

abgenommen werden.

Zusammen mit den PCDF/D können auch folgende Substanzen erfaßt und für die Analyse aufgearbeitet werden:

- polybromierte Dibenzofurane (PBDF)
- polybromierte Dibenzo(p)dioxine (PBDF)
- polybromierte, polychlorierte Dibenzofurane (PBCDF)
- polybromierte, polychlorierte Dibenzo(p)dioxine (PBCDD).

Abgesicherte Verfahrenskenngrößen für diese Substanzklassen liegen jedoch bisher nur zum Teil vor.

3. Experimenteller Teil

3.1 Probenahme

Die PCDF/D-Probenahme wird hinsichtlich isokinetischer Absaugung bzw. der Anordnung von Saugpumpe, Trockenturm, Gasuhr und Ermittlung von Abgasparametern analog zu [2, 6] durchgeführt.

Vor jeder Probenahme wird das Glasinsert (ca. 4 mm i.D.) im Absaugrohr gereinigt oder erneuert und vorbehandeltes XAD-2 eingesetzt, das mit ¹³C-markierten PCDF/D-Standards dotiert worden ist. Bei Abgasstaubkonzentrationen von $> 1 \text{ g/m}^3$ muß die Kartusche mit Quarzwatte vergrößert oder ein Glaszyklon vorgeschaltet werden. In Abhängigkeit von der Abgasgeschwindigkeit, der PCDF/D-Abgaskonzentration und den gewünschten Nachweisgrenzen für die PCDF/D-Kongeneren wird ein Absaugvolumenstrom von 0,5 bis $2 \text{ m}^3/\text{h}$ eingestellt. Unter Berücksichtigung der Bestimmungen gemäß 17. BImSchV [7] wird in der Regel

ein Probenahmezeitraum von mindestens 6 h gewählt.

Bei dem in den folgenden Ergebnistabellen genannten Probennehmer I handelt es sich um die GfA - Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik GmbH, Otto-Hahn-Straße 22, 4400 Münster-Roxel, bei dem Probennehmer II um die Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (LIS), Essen.

3.2 Aufarbeitung und Analyse

Bei der Probenahme fällt normalerweise nur die mit Quarzwatte und XAD-2 gefüllte Glaskartusche als zu analysierende Matrix an. Das Glasinsert des Absaugrohres wird nur dann in die Analyse mit einbezogen, wenn relativ starke Staubablagerungen vorhanden sind. Eine derartige Ablagerung wird meistens jedoch verhindert bzw. minimiert durch einen geeigneten Glasrohrinnendurchmesser und durch beim Kühlen des Rohres anfallendes Kondensat, das den abgelagerten Staub in die nachgeschaltete Glaskartusche spült. Die Extraktion der Sammelmatrix sowie die Aufarbeitung und Analyse werden analog den Beschreibungen in [2] durchgeführt.

Massenfragmentogramme der Tetra- bis OctaCDF/D, wie sie für die Reingasprobe aus einer Hausmüllverbrennungsanlage ermittelt worden sind, finden sich in [2]. Folgende GC/MS-Bedingungen wurden hierfür gewählt:

KAS-Injektion (Fa. Gerstel, Mülheim), 10 µl, Lösungsmittel: Toluol; Trägergas: Helium, 135 kPa; GC-Säule: 60 m x 0,25 mm, SP 2331, 0,2 µm; Temperaturprogramm: 80°C 3 min isotherm, mit 20°C/min auf 200°C 1 min isotherm, mit 4°C/min auf 250°C, 250°C 65 min isotherm; Temperatur der transfer line: 250°C, EI (70 eV), MID mode.

Wird bei relativ niedrigen PCDF/D-Abgaskonzentrationen das HRGC/HRMS-System (VG Autospec bzw. VG Autospec Ultimat) eingesetzt, so werden folgende Bedingungen angewandt:

KAS-Injektion (Fa. Gerstel, Mülheim), 8 µl, Lösungsmittel: Toluol; GC-Säule: 60 m x 0,2 mm, SK 2331, 0,2 µm; Trägergas: Helium, 180 kPa; Temperaturprogramm: 80°C 2 min isotherm, mit 20°C/min auf 200°C, 200°C 1 min isotherm, mit 4°C/min auf 250°C, 250°C 70 min isotherm; Temperatur der transfer line: 250°C; Quelltemperatur: 250°C, Auflösung: ca. 8.000; EI (60 V); Referenzsubstanz: PFK;

MID mode, bis zu 3 Massen pro Homologengruppe, Setzen von Zeitfenstern.

Bei der GC-MS-Analyse werden 1,2,3,7,8- und 1,2,3,4,8-PentaCDF sowie 1,2,3,4,7,8- und 1,2,3,4,7,9-HexaCDF jeweils gemeinsam eluiert. Hingegen läßt sich das 2,3,7,8-TetraCDF in ausreichendem Maße vom 1,2,6,9- und 2,3,4,8-TetraCDF abtrennen. Die gezeigte Trennleistung kann auch nach über 200 bis 300 Injektionen aufrecht erhalten werden. Sie wird jedoch schneller reduziert, wenn die PCDD/PCDF-Fraktionen nicht sauber aufgearbeitet worden sind.

Bei einem Probenahmevolumen von 10 m^3 kann unter Einsatz eines HRGC/HRMS-Systems (z.B. VG AutoSpec Ultimat) z.B. für das 2,3,7,8-TetraCDD eine Nachweisgrenze von $0,0001 - 0,0005\text{ ng/m}^3$ erreicht werden. Damit können TE-Konzentrationen von $0,001$ bis $0,005\text{ ng/m}^3$ bestimmt werden, ohne daß dieser Wert von nicht nachgewiesenen PCDF/D-Kongeneren entscheidend beeinflusst wird. Die PCDF/D-Blindwerte können in jedem Fall deutlich unter einer TE-Konzentration von $0,001\text{ ng/m}^3$ (bezogen auf 10 m^3 Probenahmevolumen) gehalten werden.

Wird das 1,2,3,4-TetraCDD als Standard zum Dotieren des XAD-2 verwendet, so sind Wiederfindungsraten von durchschnittlich 80 bis 90 % (bezogen auf 100 % clean up) zu beobachten.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 PCDF/D-Verteilung in der Probenahmeapparatur nach dem Adsorptionsverfahren

Zur Überprüfung der Verteilung von PCDF/D innerhalb der Probenahmeapparatur sowie zur Überprüfung eventueller Durchbrüche durch die Quarzwatte/XAD-2-Adsorbereinheit wurden folgende Sammelphasen getrennt analysiert:

- Glasrohr des Absaugrohrs;
- Adsorbereinheit (Quarzwatte/XAD-2-Kartusche);
- nach der Adsorbereinheit angefallenes Kondensat;
- 2. XAD-2-Adsorber (Kontroll-Kartusche nach Kondensationsstrecke geschaltet).

Die in den Tabellen 1 bis 6 ermittelten PCDF/D-Anteile in den einzelnen Sammelphasen beziehen sich auf eine Absaugrate von $2\text{ m}^3/\text{h}$ bei einem Probenahmevolumen von

ca. 10 m^3 und einer Temperatur in der Quarzwatte/XAD-2-Kartusche von 20°C . Die GC/MS-Analyse wurde mit dem MSD (LRMS-System) durchgeführt. Die angegebenen TE-Konzentrationen wurden gemäß Tabelle 7 berechnet; die nicht nachgewiesenen Kongenere wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Die im Adsorber abgeschiedenen PCDF/D-Anteile betragen für die Summe der PCDF/D über 99 %. Differenziert nach den Homologengruppen ist ein Abfall der Abscheideleistung mit steigendem Chlorierungsgrad der PCDF/D auf bis zu 95 % beim OctaCDF festzustellen.

In den übrigen Sammelmatrizes (Glasrohr, Kondensat und 2. XAD-2-Adsorber) wurden nur sehr geringe und gegenüber dem 1. XAD-2-Adsorber (Adsorptionseinheit) nicht relevante PCDF/D-Anteile gefunden, die mit dem Chlorierungsgrad leicht ansteigen (Bild 2).

4.2 Relative Standardabweichungen des Gesamtverfahrens aus PCDF/D-Doppelbestimmungen mit dem Adsorptionsverfahren unter Beteiligung eines Probenahme- und Analyseninstitutes

Zur Ermittlung der relativen Standardabweichung des Gesamtverfahrens (Probenahme und Analyse) wurden zwei Probenahmeapparaturen nach dem Adsorptionsverfahren zeitgleich im Abgas von Feuerungsanlagen mit relativ hohen PCDF/D-Konzentrationen (8 Meßserien bei ca. 2 ng (TE)/m^3) und bei relativ niedrigen PCDF/D-Konzentrationen (5 Meßserien bei ca. $0,02\text{ ng (TE)/m}^3$) eingesetzt.

Die aus diesen Ergebnissen in den Tabellen 8 und 9 berechneten relativen Standardabweichungen aus Doppelbestimmungen [5, 8] liegen für den PCDF/D-Konzentrationsbereich von ca. 2 ng (TE)/m^3 und 10 % bzw. im PCDF/D-Konzentrationsbereich von ca. $0,02\text{ ng (TE)/m}^3$ nur geringfügig höher. Für einzelne Homologengruppen bzw. Kongenere fallen die Standardabweichungen etwas höher aus, wobei dieser Trend im Konzentrationsbereich von ca. $0,02\text{ ng (TE)/m}^3$ überproportional ansteigt.

Zu berücksichtigen ist jedoch, daß die Standardabweichungen nicht nur zufällige Fehler von Probenahme, Aufarbeitung und Analytik beinhalten, sondern auch systematische Fehler durch örtliche oder zeitliche Inhomogenitäten der PCDF/D-Konzentrationen im Kanalprofil (Strähnenbildung), die trotz unmittelbar nebeneinanderliegender Sonden nicht auszuschließen

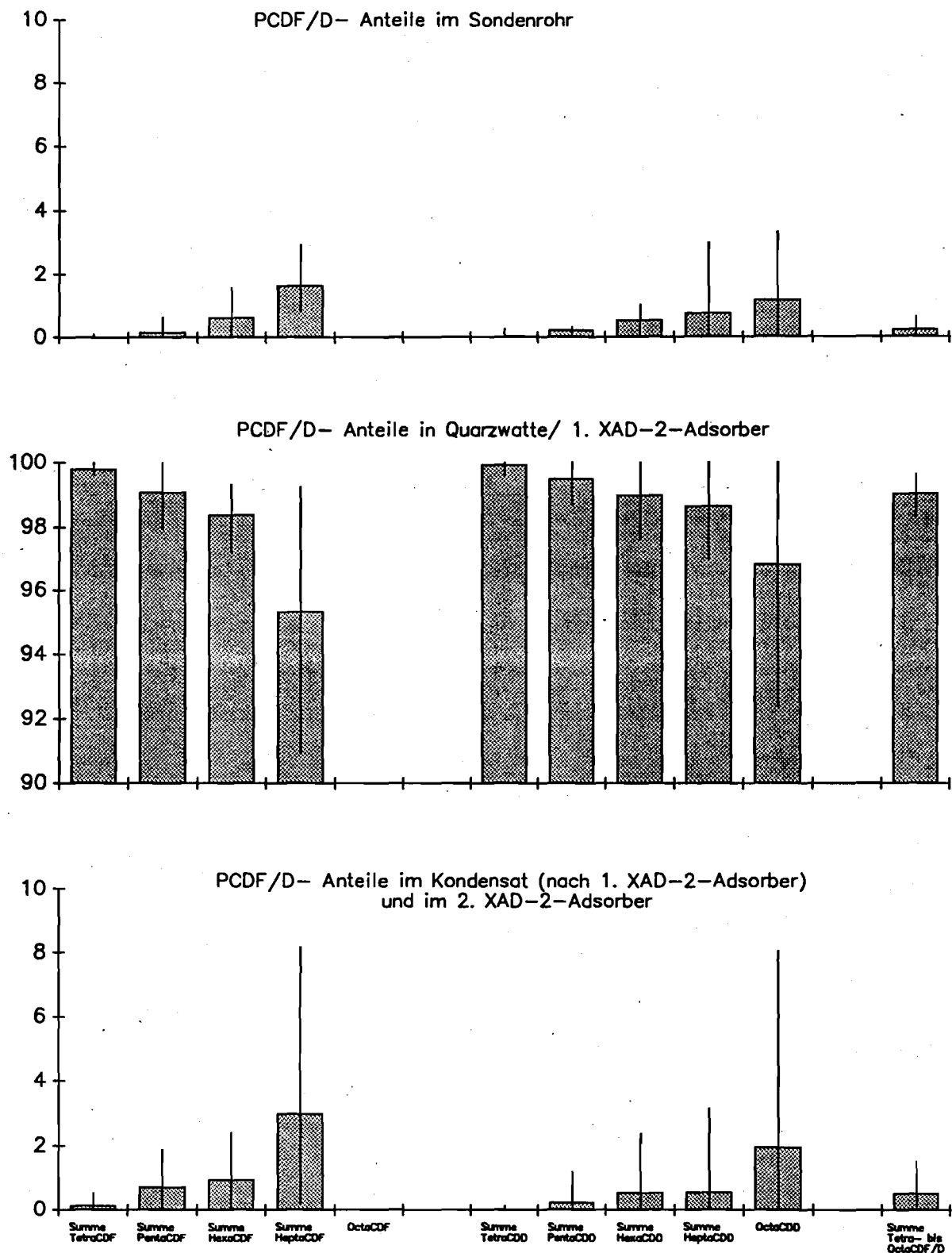


Bild 2: Prozentuale PCDF/D-Anteile nach Homologengruppen differenziert im Glasrohr, Quarzwatte/1. XAD-2-Adsorber, Kondensat und 2. XAD-2-Adsorber. Die Summen der in allen Sammelphasen ermittelten PCDF/D-Konzentrationen entsprechen jeweils 100 %; Mittelwerte und Spannweiten werden aus 6 Probenahmen (s. Tabellen 1 bis 6) berechnet.

sind. Die hier dokumentierten Standardabweichungen bei höheren PCDF/D-Konzentrationen liegen in einem Bereich, der auch für die in [1-3] beschriebenen PCDF/D-Probenahmeverfahren angegeben wird. Entsprechende relative Standardabweichungen für den relativ niedrigen PCDF/D-Konzentrationsbereich liegen nur für das in [2], nicht jedoch für das in [1] und [3] beschriebene Probenahmeverfahren vor.

4.3 Relative Standardabweichungen des Gesamtverfahrens aus PCDF/D-Doppelbestimmungen mit dem Adsorptionsverfahren unter Beteiligung von zwei verschiedenen Probenahme- und Analyseninstituten

Im Rahmen von 6 Meßserien wurden zwei Probenahmeapparaturen nach dem Adsorptionsverfahren (analog zu Kap. 4.2) durch zwei verschiedene Probenahme- und Analyseninstitute zeitgleich im Abgas einer Feuerungsanlage mit relativ niedrigen PCDF/D-Konzentrationen (0,03 bis 0,1 ng (TE)/m³) eingesetzt.

Die relativen Standardabweichungen aus diesen Doppelbestimmungen in Tabelle 10 liegen mit ca. 20 % für die Summe der Tetra- bis OctaCDF/D bzw. für die TE-Werte (nach BGA oder NATO/CCMS) in dem Bereich, der in Tabelle 9 unter Beteiligung eines einzigen Probenahme- und Analyseninstitutes angegeben ist. Für einzelne Homologengruppen oder Kongenere sind die in Tabelle 10 wiedergegebenen Streuungen zum Teil geringer als die entsprechenden Werte in Tabelle 9.

4.4 Relative Standardabweichungen für wiederholte PCDF/D-Aufarbeitungen und Analysen

Zur Abschätzung des Einflusses der Reproduzierbarkeit von Aufarbeitung und GC/MS-Analysenschritt auf die Genauigkeit des Gesamtverfahrens wurden 4 Aufarbeitungen und Analysen mit geringen Extraktanteilen für die 2. Aufarbeitung jeweils einmal wiederholt. Die Ergebnisse sind Tabelle 11 zusammengefaßt.

Die in Tabelle 11 aufgeführten relativen Standardabweichungen für den relativ niedrigen PCDF/D-Konzentrationsbereich von ca. 0,07 ng/m³ TE entsprechen z.T. für die Einzelsubstanzen etwa den Standardabweichungen aus Doppelbestimmungen des Gesamtverfahrens in den Tabellen 8 bzw. 9. Damit wird gezeigt, daß der Aufarbeitung und Analytik ein bedeutender Anteil an der relativen Standardabweichung des

Gesamtverfahrens (Probenahme, Aufarbeitung und Analytik) zukommen kann.

4.5 Vergleich des Adsorptionsverfahrens mit dem Filter/Kühler-Verfahren

Das Adsorptionsverfahren wurde von einem Probenahme- und Analyseninstitut mit dem in [2] beschriebenen Filter/Kondensationsverfahren im Rahmen von 5 Meßserien bei relativ hohen und im Rahmen von ebenfalls 5 Meßserien bei relativ niedrigen PCDF/D-Abgaskonzentrationen verglichen.

Die Ergebnisse in den Tabellen 12 bis 16 und in Bild 3 bei höheren PCDF/D-Konzentrationen von ca. 1 ng (TE)/m³ zeigen die beste Übereinstimmung.

Bei den niedrigeren, in den Tabellen 17 bis 21 sowie in Bild 4 dargestellten PCDF/D-Konzentrationen von ca. 2 ng (TE)/m³ treten z.T. etwas größere Abweichungen auf. Die höchsten Abweichungen bei den HeptaCDF und TetraCDD sind nicht real, da deren Summenwerte stark von nicht nachgewiesenen Kongeneren beeinflusst werden. Die in den beiden Bildern 3 und 4 gezeigten relativen PCDF/D-Konzentrationsunterschiede liegen etwa im Bereich der relativen Standardabweichungen aus Doppelbestimmungen für die entsprechenden PCDF/D-Konzentrationsniveaus in den Tabellen 9, 10 und 11.

Der Vergleich der beiden unterschiedlichen Probenahmeverfahren wurde unter Beteiligung eines zweiten Probenahme- und Analyseninstituts wiederholt. Dazu wurden bei relativ niedrigen PCDF/D-Konzentrationen während der Meßserien mit dem Adsorptionsverfahren zeitgleich ein Filter/Kondensationsverfahren eingesetzt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 22 bis 24 zusammengefaßt. Wie die Bilder 5 und 6 zeigen, sind die relativen Differenzen mit denen in Bild 4 vergleichbar.

5. Schlußfolgerungen

Wie die vorgestellten Ergebnisse zeigen, eignet sich das neue Probenahmeverfahren zur Erfassung von PCDF/D in Abgasen, z.B. von Feuerungsanlagen. Sämtliche Verfahrenskenngrößen gemäß den Anforderungen der VDI-Richtlinienreihe 3499 liegen vor. Der PCDF/D-Grenzwert der 17. BImSchV von 0,1 ng (TE)/m³ ist mit dem hier vorgestellten Verfahren mit ausreichend abgesicherter Qualität überprüfbar.

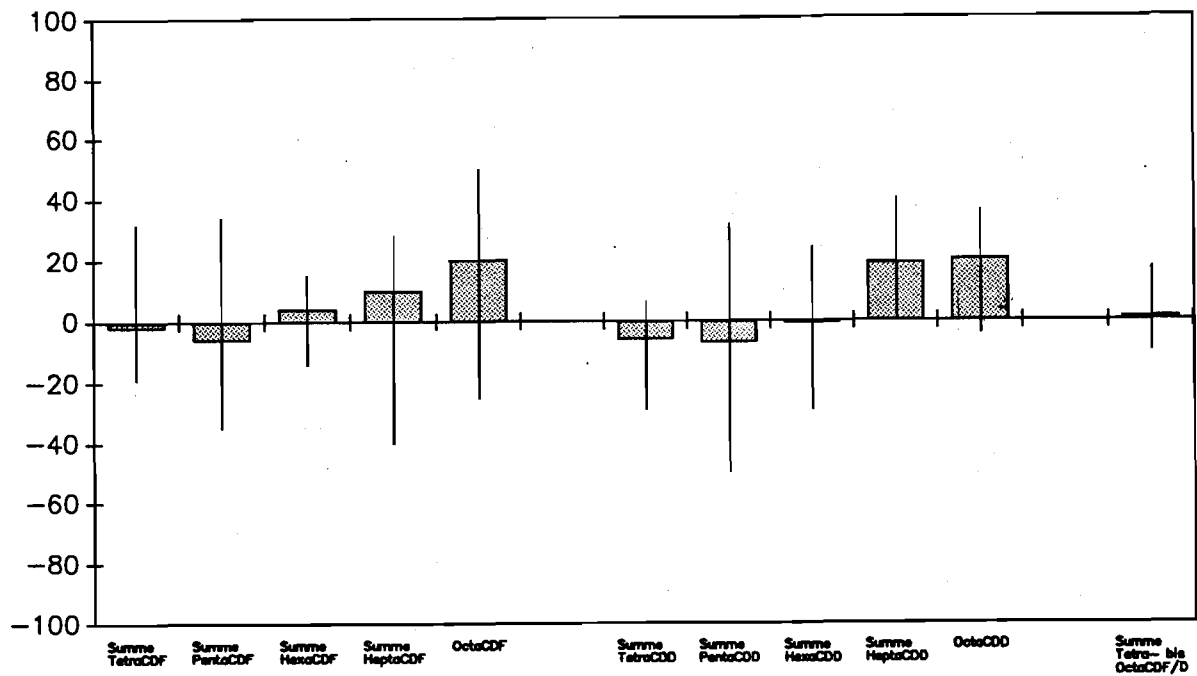


Bild 3: Prozentuale Differenzen der mit dem Adsorptionsverfahren (Gerät A = 100 %) und dem Filter/Kondensationsverfahren ermittelten PCDF/D-Konzentrationen bei PCDF/D-Gehalten im Abgas von ca. 1 ng (TE)/m³; Mittelwerte und Spannweiten aus 5 Doppelbestimmungen (Geräte A und B ein Probenahme- und Analyseninstitut)

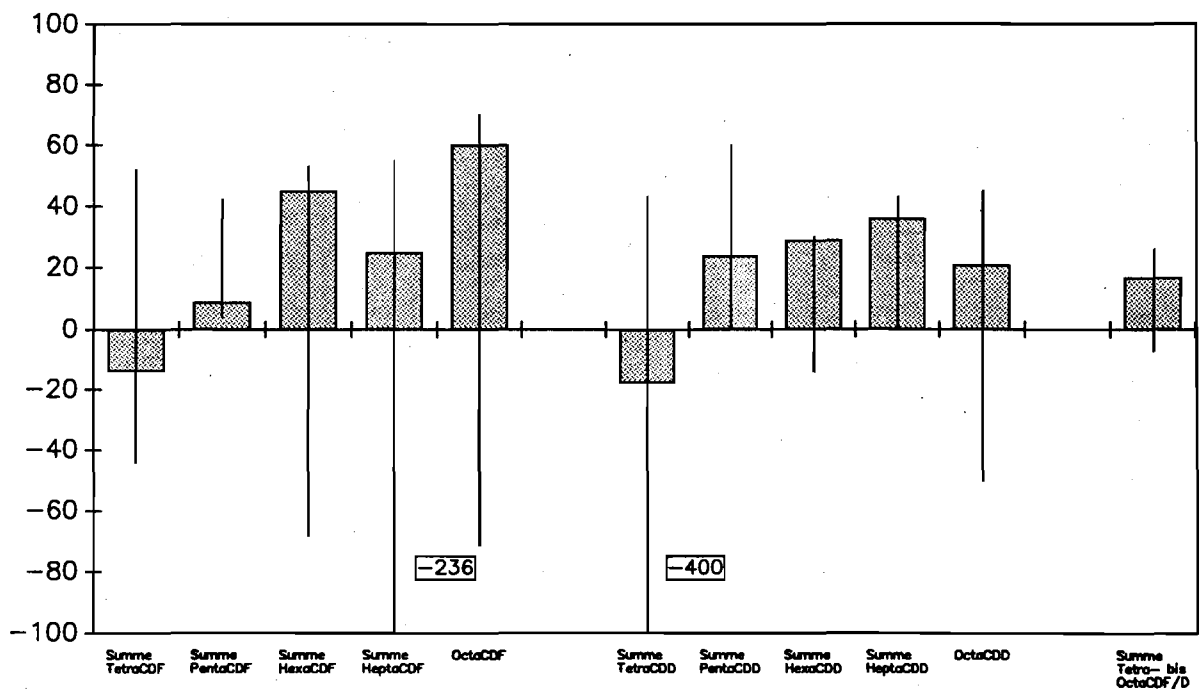


Bild 4: Prozentuale Differenzen der mit dem Adsorptionsverfahren (Gerät A = 100 %) und dem Filter/Kondensationsverfahren ermittelten PCDF/D-Konzentrationen bei PCDF/D-Gehalten im Abgas von ca. 0,02 ng (TE)/m³; Mittelwerte und Spannweiten aus 5 Doppelbestimmungen (Geräte A und B ein Probenahme- und Analyseninstitut)

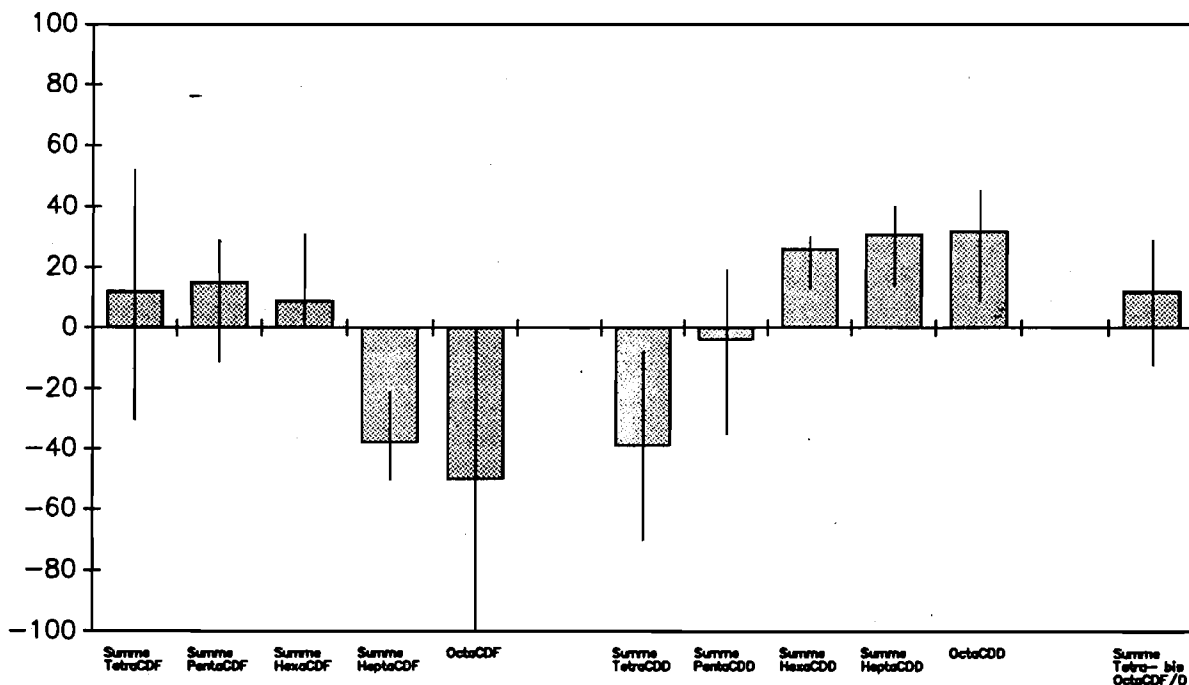


Bild 5: Prozentuale Differenzen der mit dem Adsorptionsverfahren (Probenahme- und Analyseinstitut I) und dem Filter/Kondensationsverfahren (Probenahme- und Analyseinstitut II) ermittelten PCDF/D-Konzentrationen bei PCDF/D-Gehalten im Abgas von ca. 0,1 ng (TE)/m³; Mittelwerte (Säulen) und Spannweiten (senkrechte Striche) aus 3 Doppelbestimmungen (die nach dem Adsorptionsverfahren ermittelten PCDF/D-Konzentrationen entsprechen 100 %)

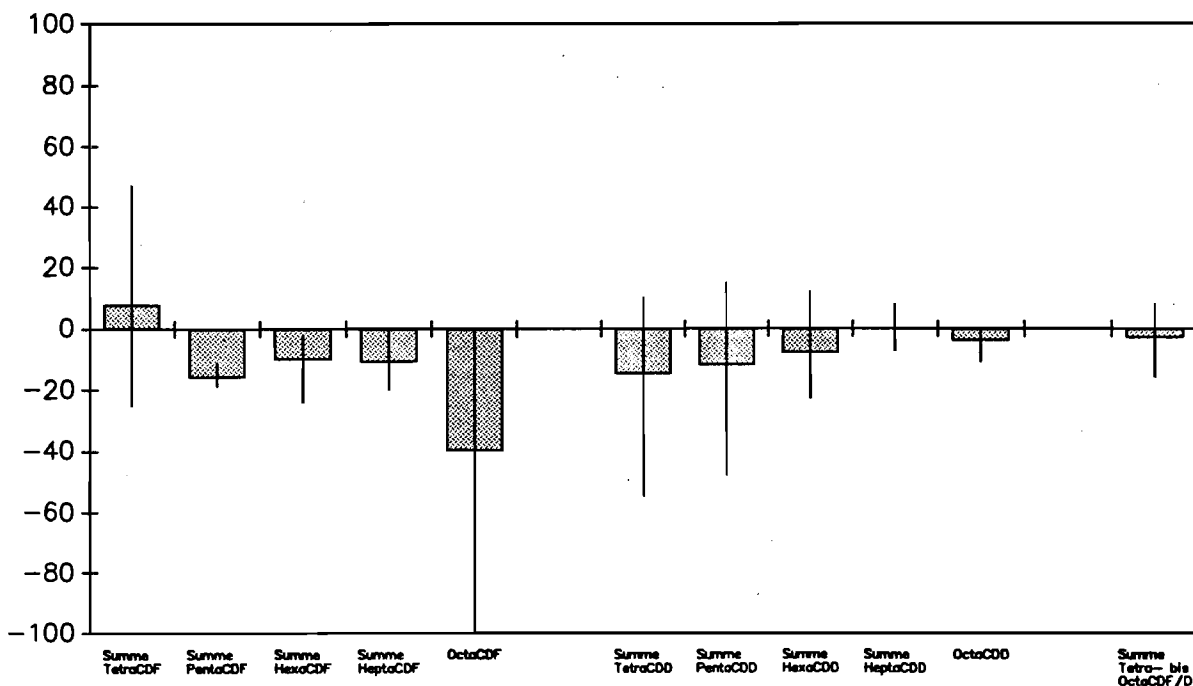


Bild 6: Prozentuale Differenzen der mit dem Adsorptionsverfahren (Probenahme- und Analyseinstitut II) und dem Filter/Kondensationsverfahren (Probenahme- und Analyseinstitut II) ermittelten PCDF/D-Konzentrationen bei PCDF/D-Gehalten im Abgas von ca. 0,1 ng (TE)/m³; Mittelwerte (Säulen) und Spannweiten (senkrechte Striche) aus 3 Doppelbestimmungen (die nach dem Adsorptionsverfahren ermittelten PCDF/D-Konzentrationen entsprechen 100 %)

Die hier vorgestellte Probenahmeapparatur weist zusammenfassend folgende Vorteile auf:

- Die Apparatur ist nahezu unabhängig von der Abgastemperatur (bis über 1000°C), vom Wassergehalt (bis über 300 g/m³) sowie Staubgehalt (bis ca. 1 g/m³) des Abgases einsetzbar.
- Eine einfache Handhabung der Probenahmeapparatur vor Ort ist gegeben.
- Netzmessungen sind möglich.
- Für das Auswechseln von Glassondenrohr und Glaskartusche mit Staubfilter und Adsorberharz für eine nachfolgende Messung benötigt man lediglich einige Minuten. Es entfällt in der Regel das Reinigen der Apparatur vor Ort (z.B. mit brennbaren Lösungsmitteln) nach einer erfolgten Probenahme. Eine Sichtkontrolle des Sondenrohres ist jedoch unerlässlich.
- Da die abgasberührten Oberflächen der Probenahmeapparatur sich lediglich auf das Glas-Sondenrohr und die Glaskartuschen beschränken und diese nach jeder Probenahme erneuert werden können, wird die Möglichkeit einer Sekundärkontamination weitgehend ausgeschaltet und der Blindwert der Apparatur auf ein Minimum (< 0,001 ng (TE)/m³) reduziert.
- Es ist in den meisten Fällen nur eine Sammelmatrix (Kartusche mit Staubfilter und Adsorberharz) und in seltenen Fällen auch das Sondenrohr für die Analyse zu berücksichtigen.
- Die Glaskartusche mit Staubfilter und Adsorbens kann z.B. in mit ¹³C-PCDF/D-Standards dotierter Form vom Analysenlabor bereitgestellt werden; ein Dotieren der Apparatur vor Ort ist nicht mehr erforderlich; die Wiederfindungsraten der ¹³C-PCDF/D-Standards nach der Probenahme liegen mit durchschnittlich 90 % z.B. für das 1,2,3,4-TetraCDD relativ hoch.
- Der zeitliche Aufwand für die Vor- und Nachbereitung der Probenahme verringert sich und damit auch die Probenahmekosten.
- Vergleichsmessungen mit dem in der VDI-Richtlinie 3499 Blatt 2 beschriebenen

Probenahmeverfahren ergaben gute Übereinstimmungen.

- Die Analysenkosten verringern sich ebenfalls, da der Extrakt meistens nur aus einer Sammelphase hergestellt werden muß.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß mit dieser Apparatur nicht nur PCDF/D, sondern auch folgende weitere, relativ unpolare Substanzen vergleichbarer Flüchtigkeit erfaßt werden können:

- polybromierte Dibenzofurane (PBDF)
- polybromierte Dibenzo(p)dioxine (PBDD)
- polybromierte/-chlorierte Dibenzofurane (PBCDF)
- polybromierte/-chlorierte Dibenzo(p)dioxine (PBCDD)
- tri- bis decachlorierte Biphenyle (Tri- bis DecaCB)
- penta- und hexachlorierte Benzole (Penta- und HexaCBz)
- tri- bis pentachlorierte Phenole (Tri- bis PentaCPh)
- polychlorierte Naphthaline (PCN)
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH).

Für diese Stoffklassen liegen jedoch bisher nur zum Teil abgesicherte Verfahrenskenngrößen vor.

6. Schrifttum

- [1] VDI-Richtlinie 3499, Blatt 1 (Entwurf): "Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen im Rein- und Rohgas von Feuerungsanlagen mit der Verdünnungsmethode. Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und in Schlacken". Düsseldorf, 1990.
- [2] VDI-Richtlinie 3499, Blatt 2 (Entwurf): "Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF), Filter/Kühlermethode". Düsseldorf, 1993.
- [3] VDI-Richtlinie 3499, Blatt 3 (Vorentwurf): "Messen von polychlorierten Dibenzo(p)dioxinen und Dibenzofuranen an industriellen Anlagen. Kondensationsmethode - Gekühltes Absaugrohr". Düsseldorf, 1990.

-
- [4] VDI-Richtlinie 3499, Blatt 4 (Vorentwurf): "Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD's) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF's) in Emissionen von Verbrennungsanlagen und bei anderen Verbrennungsprozessen. Polyurethan-Schaum-Adsorptionsmethode. PUF (Polyurethan-Foam-Plug)-Methode". Düsseldorf, 1988.
- [5] Abschlußbericht der Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH (GfA), Münster, für das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW, Düsseldorf: "Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens zur Probenahme von polychlorierten Dibenzofuranen und Dibenz(o,p)dioxinen in Emissionen industrieller Feuerungsanlagen". Das Verfahren wurde zum Patent angemeldet.
- [6] VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1: "Messen von Partikeln. Staubmessungen in strömenden Gasen. Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung - Übersicht -". Düsseldorf, 1975.
- [7] 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe - 17. BImSchV), Bundesgesetzblatt, Teil 1, 2545 (1990).
- [8] VDI-Richtlinie 2449, Blatt 1: "Prüfkriterien von Meßverfahren; Datenblatt zur Kennzeichnung von Analysenverfahren für Gas-Immissionsmessungen". Düsseldorf, 1970.

7. Tabellenanhang

**Tabelle 1: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 1;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂**

Meßserie	1			
	P 1.1 Glasrohr	P 1.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 1.3 Kondensat	P 1.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	b	72,8	b	b
Summe PentaCDF	b	40,4	0,20	0,16
Summe HexaCDF	0,09	18,1	0,17	0,09
Summe HeptaCDF	0,13	5,0	0,13	0,10
OctaCDF	< 0,11	< 0,8	< 0,12	< 0,15
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,22	136,4	0,50	0,35
2378-TetraCDF	< 0,006	2,62	< 0,007	< 0,013
12378-/12348-PentaCDF ^a	< 0,015	3,76	0,021	0,017
23478-PentaCDF	< 0,015	1,91	0,019	0,009
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,020	2,48	0,029	0,014
123678-HexaCDF	0,019	2,48	0,027	0,013
123789-HexaCDF	< 0,010	0,24	< 0,012	< 0,009
234678-HexaCDF	< 0,010	0,99	< 0,012	< 0,009
1234678-HeptaCDF	0,134	3,84	0,132	0,103
1234789-HeptaCDF	< 0,011	0,23	< 0,020	< 0,016
Summe TetraCDD	b	6,6	b	b
Summe PentaCDD	b	6,0	b	b
Summe HexaCDD	b	4,4	b	b
Summe HeptaCDD	b	2,8	b	b
OctaCDD	< 0,04	3,1	< 0,13	< 0,04
Summe Tetra- bis OctaCDD	b	22,9	b	b
2378-TetraCDD	< 0,009	0,45	< 0,006	< 0,009
12378-PentaCDD	< 0,006	0,86	< 0,009	< 0,008
123478-HexaCDD	< 0,013	0,29	< 0,013	< 0,013
123678-HexaCDD	< 0,013	0,40	< 0,013	< 0,013
123789-HexaCDD	< 0,013	0,69	< 0,013	< 0,013
1234678-HeptaCDD	< 0,010	1,50	0,026	< 0,033
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,22	159,3	0,50	0,35
TE (BGA) exkl. NWG	0,006	3,50	0,014	0,008
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,005	3,10	0,018	0,009

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

- a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere
b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 2: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 2; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂

Meßserie	2			
	P 2.1 Glasrohr	P 2.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 2.3 Kondensat.	P 2.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	b	77,9	b	b
Summe PentaCDF	b	44,9	b	b
Summe HexaCDF	0,13	19,4	b	b
Summe HeptaCDF	0,15	4,8	0,06	0,07
OctaCDF	< 0,24	< 0,4	< 0,22	< 0,11
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,28	147,1	0,06	0,07
2378-TetraCDF	< 0,009	2,83	< 0,005	< 0,009
12378-/12348-PentaCDF ^a	< 0,012	4,16	< 0,006	< 0,009
23478-PentaCDF	< 0,012	2,07	< 0,006	< 0,009
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,013	2,65	< 0,015	< 0,012
123678-HexaCDF	0,016	2,69	< 0,015	< 0,012
123789-HexaCDF	< 0,012	0,27	< 0,015	< 0,012
234678-HexaCDF	0,037	0,96	< 0,015	< 0,012
1234678-HeptaCDF	0,146	3,79	0,062	0,066
1234789-HeptaCDF	< 0,030	0,19	< 0,028	< 0,023
Summe TetraCDD	b	6,8	b	b
Summe PentaCDD	b	6,5	b	b
Summe HexaCDD	b	4,9	b	b
Summe HeptaCDD	0,09	2,9	b	b
OctaCDD	0,10	2,8	0,09	< 0,09
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,19	23,9	0,09	b
2378-TetraCDD	< 0,006	0,50	< 0,010	< 0,003
12378-PentaCDD	< 0,011	0,92	< 0,008	< 0,004
123478-HexaCDD	< 0,013	0,32	< 0,012	< 0,009
123678-HexaCDD	< 0,013	0,40	< 0,012	< 0,009
123789-HexaCDD	< 0,013	0,73	< 0,012	< 0,009
1234678-HeptaCDD	0,042	1,52	0,014	< 0,019
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,47	170,9	0,15	0,07
TE (BGA) exkl. NWG	0,009	3,77	0,001	0,001
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,009	3,34	0,001	0,001

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 3: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 3;
 Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂

Meßserie	3			
	P 3.1 Glasrohr	P 3.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 3.3 Kondensat	P 3.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	b	77,7	0,20	b
Summe PentaCDF	b	50,0	0,26	0,22
Summe HexaCDF	b	20,3	0,12	0,09
Summe HeptaCDF	0,07	5,3	0,05	0,05
OctaCDF	< 0,18	< 0,9	< 0,15	< 0,13
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,07	153,3	0,63	0,36
2378-TetraCDF	< 0,004	2,49	0,016	< 0,008
12378-/12348-PentaCDF ^a	< 0,005	4,44	0,027	0,024
23478-PentaCDF	< 0,005	2,13	0,022	0,016
123478-/123479-HexaCDF ^a	< 0,009	2,75	0,019	0,009
123678-HexaCDF	< 0,009	2,81	0,021	0,012
123789-HexaCDF	< 0,009	0,23	< 0,010	< 0,009
234678-HexaCDF	< 0,009	1,08	< 0,010	< 0,009
1234678-HeptaCDF	0,069	4,17	0,050	0,054
1234789-HeptaCDF	< 0,026	0,23	< 0,010	< 0,018
Summe TetraCDD	b	7,3	b	b
Summe PentaCDD	b	8,7	b	b
Summe HexaCDD	b	6,8	b	b
Summe HeptaCDD	b	3,5	b	b
OctaCDD	< 0,06	2,0	< 0,04	< 0,08
Summe Tetra- bis OctaCDD	b	28,3	b	b
2378-TetraCDD	< 0,005	0,51	< 0,004	< 0,005
12378-PentaCDD	< 0,006	1,17	< 0,007	< 0,009
123478-HexaCDD	< 0,007	0,46	< 0,010	< 0,010
123678-HexaCDD	< 0,007	0,59	< 0,010	< 0,010
123789-HexaCDD	< 0,007	0,97	< 0,010	< 0,010
1234678-HeptaCDD	< 0,012	1,79	< 0,010	< 0,009
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,07	181,6	0,63	0,36
TE (BGA) exkl. NWG	0,001	4,00	0,016	0,009
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,001	3,58	0,018	0,012

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

- a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere
- b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 4: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 4; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂

Meßserie	4			
	P 4.1 Glasrohr	P 4.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 4.3 Kondensat	P 4.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,08	76,5	b	0,07
Summe PentaCDF	0,33	50,1	0,17	0,10
Summe HexaCDF	0,34	21,0	0,07	0,07
Summe HeptaCDF	0,04	4,9	0,09	0,01
OctaCDF	0,01	< 0,4	< 0,11	< 0,01
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,80	152,5	0,33	0,25
2378-TetraCDF	0,004	2,62	< 0,005	0,003
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,034	4,65	0,020	0,010
23478-PentaCDF	0,018	2,32	0,012	0,003
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,049	2,95	0,017	0,011
123678-HexaCDF	0,052	2,97	0,018	0,009
123789-HexaCDF	0,003	0,26	< 0,008	0,001
234678-HexaCDF	0,013	1,06	< 0,008	0,003
1234678-HeptaCDF	0,036	3,80	0,086	0,008
1234789-HeptaCDF	0,001	0,24	< 0,027	0,001
Summe TetraCDD	0,02	7,7	b	0,01
Summe PentaCDD	0,09	8,3	b	0,02
Summe HexaCDD	0,15	6,6	b	0,01
Summe HeptaCDD	0,03	3,2	b	0,01
OctaCDD	0,05	2,1	< 0,12	0,01
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,34	27,9	b	0,04
2378-TetraCDD	0,001	0,56	< 0,006	< 0,001
12378-PentaCDD	0,016	1,21	< 0,006	0,002
123478-HexaCDD	0,010	0,45	< 0,008	< 0,002
123678-HexaCDD	0,014	0,57	< 0,008	< 0,002
123789-HexaCDD	0,010	1,00	< 0,008	< 0,002
1234678-HeptaCDD	0,017	1,69	< 0,016	0,003
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	1,14	180,4	0,33	0,29
TE (BGA) exkl. NWG	0,032	4,12	0,009	0,009
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,036	3,80	0,011	0,009

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

- a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere
b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 5: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 5; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂

Meßserie	5			
	P 5.1 Glasrohr	P 5.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 5.3 Kondensat	P 5.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	b	75,2	0,25	0,16
Summe PentaCDF	0,06	41,1	0,50	0,29
Summe HexaCDF	0,08	19,8	0,38	0,11
Summe HeptaCDF	0,11	5,2	0,36	0,05
OctaCDF	< 0,07	1,1	< 0,20	< 0,07
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,25	142,3	1,49	0,61
2378-TetraCDF	< 0,005	2,70	0,012	0,006
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,010	3,84	0,052	0,027
23478-PentaCDF	0,011	1,91	0,037	0,014
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,015	2,72	0,054	0,018
123678-HexaCDF	0,013	2,72	0,055	0,018
123789-HexaCDF	< 0,006	0,20	< 0,009	< 0,005
234678-HexaCDF	0,010	0,97	0,019	< 0,005
1234678-HeptaCDF	0,110	3,99	0,311	0,053
1234789-HeptaCDF	< 0,011	0,24	< 0,036	< 0,007
Summe TetraCDD	b	6,3	b	b
Summe PentaCDD	b	6,2	0,06	b
Summe HexaCDD	b	4,4	0,10	b
Summe HeptaCDD	b	3,1	0,09	b
OctaCDD	< 0,09	2,8	0,23	< 0,06
Summe Tetra- bis OctaCDD	b	22,8	0,48	b
2378-TetraCDD	< 0,005	0,46	< 0,004	< 0,004
12378-PentaCDD	< 0,004	0,81	< 0,011	< 0,005
123478-HexaCDD	< 0,007	0,27	< 0,014	< 0,008
123678-HexaCDD	< 0,007	0,35	< 0,014	< 0,008
123789-HexaCDD	< 0,007	0,58	< 0,014	< 0,008
1234678-HeptaCDD	< 0,007	1,57	0,052	< 0,006
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,25	165,1	1,97	0,61
TE (BGA) exkl. NWG	0,008	3,59	0,037	0,014
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,011	3,13	0,039	0,013

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 6: PCDF/D-Konzentration im Abgas, nach Sammelphasen der Probenahmeapparatur (Adsorptionsverfahren) differenziert; Meßserie 6; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken, normiert auf 11 % O₂

Meßserie	6			
	P 6.1 Glasrohr	P 6.2 Quarzwatte/ 1. XAD-2- Adsorber	P 6.3 Kondensat	P 6.4 2. XAD-2- Adsorber
Probenbezeichnung Matrix				
Probenehmer und Analysen- institut	I	I	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,04	81,0	0,01	0,02
Summe PentaCDF	0,09	41,7	0,03	0,03
Summe HexaCDF	0,13	19,8	0,03	0,03
Summe HeptaCDF	0,03	5,4	b	0,01
OctaCDF	< 0,01	0,7	< 0,01	< 0,01
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,29	148,6	0,07	0,09
2378-TetraCDF	0,002	2,76	0,001	0,001
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,010	4,08	0,003	0,003
23478-PentaCDF	0,007	2,05	0,002	0,002
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,019	2,71	0,005	0,005
123678-HexaCDF	0,019	2,67	0,006	0,004
123789-HexaCDF	0,002	0,20	0,001	< 0,001
234678-HexaCDF	0,007	0,90	0,002	0,002
1234678-HeptaCDF	0,020	4,11	0,005	0,008
1234789-HeptaCDF	0,001	0,26	< 0,001	< 0,001
Summe TetraCDD	b	7,0	b	b
Summe PentaCDD	0,02	6,3	0,01	0,01
Summe HexaCDD	0,05	4,8	0,01	0,01
Summe HeptaCDD	0,02	3,2	0,01	b
OctaCDD	0,04	2,6	0,01	0,01
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,13	23,9	0,04	0,03
2378-TetraCDD	< 0,001	0,48	< 0,001	< 0,001
12378-PentaCDD	0,004	0,84	0,001	0,001
123478-HexaCDD	0,004	0,31	< 0,003	0,001
123678-HexaCDD	0,005	0,43	< 0,003	0,001
123789-HexaCDD	0,005	0,60	< 0,003	0,001
1234678-HeptaCDD	0,012	1,70	0,004	0,002
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,42	172,5	0,11	0,12
TE (BGA) exkl. NWG	0,012	3,73	0,003	0,003
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,013	3,25	0,003	0,003

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

- a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere
b kein Kongener nachweisbar (die Nachweisgrenze NWG entspricht der des 2378-substituierten Chlorhomologen)

Tabelle 7: 2,3,7,8-TetraCDD-Toxizitätsäquivalent-Faktoren (TEF) nach Vorschlägen des BGA, Berlin, und der NATO/CCMS

PCDF/D	BGA 1984	NATO/CCMS 1988
PCDF		
Summe TetraCDF	0,01	0
Summe PentaCDF	0,01	0
Summe HexaCDF	0,01	0
Summe HeptaCDF	0,001	0
2,3,7,8-TetraCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PentaCDF	0,1	0,05
2,3,4,7,8-PentaCDF	0,1	0,5
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0,01	0,01
OctaCDF	0,001	0,001
PCDD		
Summe TetraCDD	0,01	0
Summe PentaCDD	0,01	0
Summe HexaCDD	0,01	0
Summe HeptaCDD	0,001	0
2,3,7,8-TetraCDD	1,0	1,0
1,2,3,7,8-PentaCDD	0,1	0,5
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0,01	0,01
OctaCDD	0,001	0,001

Der TE-Wert einer Probe errechnet sich, indem die jeweilige Konzentration mit dem zugehörigen TEF multipliziert und die Produkte addiert werden. Zu beachten ist, daß bei der Ermittlung des TE-Wertes nach BGA die berechneten Summenwerte nicht die 2378-Cl-substituierten Kongenere der jeweiligen Homologengruppe enthalten.

Tabelle 8:

Mittelwerte (\bar{x}) sowie absolute und relative Standardabweichungen (s bzw. s_{rel}) des Gesamtverfahrens (Probenahme mit dem Adsorptionsverfahren, Aufarbeitung und Analytik durch ein Probenahme- und Analyseninstitut) aus bis zu 8 Doppelbestimmungen für relativ hohe PCDF/D-Konzentrationen

Größe	\bar{x}	s	s_{rel}	n
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	%	
Summe TetraCDF	40,7	3,6	9	8
Summe PentaCDF	27,0	3,3	12	8
Summe HexaCDF	12,1	1,1	9	8
Summe HeptaCDF	4,0	0,5	13	8
OctaCDF	0,6	0,3	50	5
Summe Tetra- bis OctaCDF	84,4	7,1	8	8
2378-TetraCDF	1,54	0,17	11	8
12378-/12348-PentaCDF ^a	2,63	0,30	11	8
23478-PentaCDF	1,32	0,19	14	8
123478-/123479-HexaCDF ^a	1,71	0,17	10	8
123678-HexaCDF	1,74	0,18	10	8
123789-HexaCDF	0,16	0,04	25	8
234678-HexaCDF	0,71	0,06	8	8
1234678-HeptaCDF	3,04	0,38	13	8
1234789-HeptaCDF	0,21	0,06	29	8
Summe TetraCDD	3,6	0,4	11	8
Summe PentaCDD	3,9	0,6	15	8
Summe HexaCDD	3,1	0,5	16	8
Summe HeptaCDD	2,4	0,3	13	8
OctaCDD	3,0	0,4	13	8
Summe Tetra- bis OctaCDD	16,0	1,6	10	8
2378-TetraCDD	0,28	0,03	11	8
12378-PentaCDD	0,62	0,06	10	8
123478-HexaCDD	0,21	0,04	19	8
123678-HexaCDD	0,28	0,03	11	8
123789-HexaCDD	0,40	0,03	8	8
1234678-HeptaCDD	1,26	0,12	10	8
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	100,4	8,5	8	8
TE (BGA) exkl. NWG	2,25	0,22	10	8
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	2,11	0,22	10	8

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 9: Mittelwerte (\bar{x}) sowie absolute und relative Standardabweichungen (s bzw. s_{rel}) des Gesamtverfahrens (Probenahme mit dem Adsorptionsverfahren, Aufarbeitung und Analytik durch ein Probenahme- und Analyseninstitut) aus bis zu 5 Doppelbestimmungen für relativ niedrige PCDF/D-Konzentrationen

Größe	\bar{x}	s	s_{rel}	n
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	%	
Summe TetraCDF	0,140	0,095	68	5
Summe PentaCDF	0,189	0,060	32	5
Summe HexaCDF	0,142	0,054	38	5
Summe HeptaCDF	0,070	0,029	41	5
OctaCDF	0,034	0,024	71	3
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,575	0,106	18	5
2378-TetraCDF	0,0122	0,0082	67	5
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0233	0,0099	42	5
23478-PentaCDF	0,0119	0,0007	6	5
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0351	0,0131	37	5
123678-HexaCDF	0,0162	0,0061	38	5
123789-HexaCDF	0,0026	0,0006	23	5
234678-HexaCDF	0,0069	0,0038	55	5
1234678-HeptaCDF	0,0487	0,0194	40	5
1234789-HeptaCDF	0,0051	0,0028	55	4
Summe TetraCDD	0,022	0,013	59	5
Summe PentaCDD	0,032	0,006	19	5
Summe HexaCDD	0,030	0,016	53	5
Summe HeptaCDD	0,010	0,005	50	5
OctaCDD	0,019	0,004	21	5
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,113	0,022	19	5
2378-TetraCDD	0,0025	0,0015	60	5
12378-PentaCDD	0,0050	0,0013	26	5
123478-HexaCDD	0,0020	0,0012	60	4
123678-HexaCDD	0,0029	0,0013	45	5
123789-HexaCDD	0,0021	0,0017	81	5
1234678-HeptaCDD	0,0050	0,0025	50	5
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,688	0,096	14	5
TE (BGA) exkl. NWG	0,0195	0,0030	15	5
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0208	0,0022	11	5

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 10: Mittelwerte (\bar{x}) sowie absolute und relative Standardabweichungen (s bzw. s_{rel}) des Gesamtverfahrens (Probenahme mit dem Adsorptionsverfahren, Aufarbeitung und Analytik durch zwei verschiedene Institute) aus bis zu 6 Doppelbestimmungen für relativ niedrige PCDF/D-Konzentrationen

Größe	\bar{x}	s	s_{rel}	n
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	%	
Summe TetraCDF	1,47	0,15	10	6
Summe PentaCDF	1,10	0,31	28	6
Summe HexaCDF	0,45	0,13	29	6
Summe HeptaCDF	0,09	0,02	22	6
OctaCDF	0,01	< 0,01	< 100	5
Summe Tetra- bis OctaCDF	3,12	0,51	16	6
2378-TetraCDF	0,044	0,005	11	6
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,090	0,030	33	6
23478-PentaCDF	0,047	0,010	21	6
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,056	0,020	36	6
123678-HexaCDF	0,059	0,020	34	6
123789-HexaCDF	0,005	0,004	80	6
234678-HexaCDF	0,021	0,002	10	6
1234678-HeptaCDF	0,069	0,012	17	6
1234789-HeptaCDF	0,005	0,006	120	6
Summe TetraCDD	0,25	0,07	28	6
Summe PentaCDD	0,27	0,04	15	6
Summe HexaCDD	0,38	0,11	29	6
Summe HeptaCDD	0,19	0,07	37	6
OctaCDD	0,13	0,05	38	6
Summe Tetra- bis OctaCDD	1,22	0,23	19	6
2378-TetraCDD	0,004	0,001	25	6
12378-PentaCDD	0,016	0,003	19	6
123478-HexaCDD	0,008	0,002	25	6
123678-HexaCDD	0,017	0,004	24	6
123789-HexaCDD	0,013	0,004	31	6
1234678-HeptaCDD	0,096	0,033	34	6
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	4,34	0,72	17	6
TE (BGA) exkl. NWG	0,079	0,015	19	6
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,064	0,014	22	6

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 11: Mittelwerte (\bar{x}) sowie absolute und relative Standardabweichungen (s bzw. s_{rel}) aus bis zu 4 wiederholten Aufarbeitungen und GC/MS-Analysen für relativ niedrige PCDF/D-Konzentrationen

Größe	\bar{x}	s	s_{rel}	n
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	%	
Summe TetraCDF	1,35	0,05	4	4
Summe PentaCDF	1,20	0,11	9	4
Summe HexaCDF	0,51	0,04	8	4
Summe HeptaCDF	0,08	0,01	13	4
OctaCDF	0,02	0,04	200	3
Summe Tetra- bis OctaCDF	3,16	0,14	4	4
2378-TetraCDF	0,037	0,004	11	4
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,098	0,014	14	4
23478-PentaCDF	0,049	0,002	4	4
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,065	0,003	5	4
123678-HexaCDF	0,067	0,007	10	4
123789-HexaCDF	0,007	0,001	14	4
234678-HexaCDF	0,022	0,002	9	4
1234678-HeptaCDF	0,064	0,004	6	4
1234789-HeptaCDF	0,004	0,001	25	4
Summe TetraCDD	0,21	0,04	19	4
Summe PentaCDD	0,30	0,05	17	4
Summe HexaCDD	0,46	0,04	9	4
Summe HeptaCDD	0,20	0,02	10	4
OctaCDD	0,16	0,07	44	4
Summe Tetra- bis OctaCDD	1,33	0,12	9	4
2378-TetraCDD	0,005	0,001	20	4
12378-PentaCDD	0,018	0,001	6	4
123478-HexaCDD	0,010	0,002	20	4
123678-HexaCDD	0,020	0,002	10	4
123789-HexaCDD	0,016	0,005	31	4
1234678-HeptaCDD	0,103	0,011	11	4
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	4,49	0,21	5	4
TE (BGA) exkl. NWG	0,084	0,004	5	4
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,070	0,003	4	4

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 12: Abgas mit relativ hoher PCDF/D-Konzentration; Meßserie 26; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	26	
	P 26.1 A	P 23.2 B
Probennummer		
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	21,0	17,7
Summe PentaCDF	15,9	14,8
Summe HexaCDF	6,2	7,2
Summe HeptaCDF	2,7	2,8
OctaCDF	0,5	0,4
Summe Tetra- bis OctaCDF	46,3	42,9
2378-TetraCDF	0,70	0,74
12378-/12348-PentaCDF ^a	1,31	1,52
23478-PentaCDF	0,77	0,84
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,77	1,05
123678-HexaCDF	0,76	1,07
123789-HexaCDF	0,07	0,09
234678-HexaCDF	0,44	0,52
1234678-HeptaCDF	2,06	2,08
1234789-HeptaCDF	0,12	0,13
Summe TetraCDD	1,8	1,4
Summe PentaCDD	2,0	1,9
Summe HexaCDD	1,6	1,4
Summe HeptaCDD	1,4	1,8
OctaCDD	2,5	2,4
Summe Tetra- bis OctaCDD	9,3	9,0
2378-TetraCDD	0,10	0,12
12378-PentaCDD	0,30	0,36
123478-HexaCDD	0,10	0,09
123678-HexaCDD	0,14	0,13
123789-HexaCDD	0,13	0,08
1234678-HeptaCDD	0,76	0,96
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	55,6	51,9
TE (BGA) exkl. NWG	1,11	1,18
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	1,05	1,20

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 13:

Abgas mit relativ hoher PCDF/D-Konzentration; Meßserie 27; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	27	
	P 27.1	P 27.2
Probennummer	A	B
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	22,9	21,7
Summe PentaCDF	21,0	15,5
Summe HexaCDF	9,9	8,8
Summe HeptaCDF	2,9	3,8
OctaCDF	0,5	0,6
Summe Tetra- bis OctaCDF	57,1	50,4
2378-TetraCDF	0,96	1,00
12378-/12348-PentaCDF ^a	1,92	1,70
23478-PentaCDF	1,12	0,81
123478-/123479-HexaCDF ^a	1,34	1,39
123678-HexaCDF	1,39	1,42
123789-HexaCDF	0,11	0,13
234678-HexaCDF	0,63	0,58
1234678-HeptaCDF	2,20	2,79
1234789-HeptaCDF	0,16	0,20
Summe TetraCDD	2,0	1,8
Summe PentaCDD	2,5	2,0
Summe HexaCDD	1,8	1,8
Summe HeptaCDD	1,8	2,0
OctaCDD	2,6	3,9
Summe Tetra- bis OctaCDD	10,8	11,5
2378-TetraCDD	0,16	0,16
12378-PentaCDD	0,41	0,39
123478-HexaCDD	0,12	0,13
123678-HexaCDD	0,17	0,18
123789-HexaCDD	0,14	0,17
1234678-HeptaCDD	0,98	1,07
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	67,9	61,9
TE (BGA) exkl. NWG	1,54	1,43
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	1,54	1,39

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 14:

Abgas mit relativ hoher PCDF/D-Konzentration; Meßserie 28; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	28	
	P 28.1	P 28.2.
Probennummer	A	B
Apparatur		
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	16,5	24,2
Summe PentaCDF	21,1	17,3
Summe HexaCDF	8,4	8,1
Summe HeptaCDF	4,2	3,0
OctaCDF	0,4	0,5
Summe Tetra- bis OctaCDF	50,7	53,1
2378-TetraCDF	0,74	1,05
12378-/12348-PentaCDF ^a	2,12	1,71
23478-PentaCDF	1,15	0,93
123478-/123479-HexaCDF ^a	1,19	1,13
123678-HexaCDF	1,20	1,11
123789-HexaCDF	0,11	0,11
234678-HexaCDF	0,50	0,52
1234678-HeptaCDF	3,16	2,62
1234789-HeptaCDF	0,20	0,14
Summe TetraCDD	1,7	1,8
Summe PentaCDD	3,0	2,0
Summe HexaCDD	2,2	1,7
Summe HeptaCDD	1,8	1,8
OctaCDD	2,9	2,9
Summe Tetra- bis OctaCDD	11,5	10,3
2378-TetraCDD	0,15	0,16
12378-PentaCDD	0,54	0,37
123478-HexaCDD	0,14	0,12
123678-HexaCDD	0,20	0,16
123789-HexaCDD	0,19	0,15
1234678-HeptaCDD	0,90	0,99
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	62,2	63,4
TE (BGA) exkl. NWG	1,45	1,41
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	1,58	1,37

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 15: Abgas mit relativ hoher PCDF/D-Konzentration; Meßserie 29; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	29	
	P 29.1 A	P 29.2 B
Probennummer		
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	17,9	16,1
Summe PentaCDF	11,1	11,0
Summe HexaCDF	4,7	5,5
Summe HeptaCDF	1,7	2,2
OctaCDF	0,3	0,4
Summe Tetra- bis OctaCDF	35,7	35,2
2378-TetraCDF	0,80	0,87
12378-/12348-PentaCDF ^a	1,16	1,31
23478-PentaCDF	0,61	0,63
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,71	0,88
123678-HexaCDF	0,70	0,93
123789-HexaCDF	0,07	0,09
234678-HexaCDF	0,33	0,41
1234678-HeptaCDF	1,24	1,61
1234789-HeptaCDF	0,08	0,14
Summe TetraCDD	1,4	1,4
Summe PentaCDD	1,4	1,5
Summe HexaCDD	1,1	1,2
Summe HeptaCDD	1,2	1,6
OctaCDD	1,6	2,0
Summe Tetra- bis OctaCDD	6,7	7,7
2378-TetraCDD	0,12	0,13
12378-PentaCDD	0,27	0,31
123478-HexaCDD	0,07	0,07
123678-HexaCDD	0,10	0,13
123789-HexaCDD	0,10	0,12
1234678-HeptaCDD	0,67	0,92
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	42,4	42,9
TE (BGA) exkl. NWG	0,96	1,05
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,92	1,05

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 16: Abgas mit relativ hoher PCDF/D-Konzentration; Meßserie 30; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	30	
	P 30.1 A I	P 30.2 B I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	17,9	15,7
Summe PentaCDF	11,4	17,2
Summe HexaCDF	6,0	6,9
Summe HeptaCDF	3,3	4,6
OctaCDF	0,3	0,6
Summe Tetra- bis OctaCDF	39,0	45,1
2378-TetraCDF	0,93	0,69
12378-/12348-PentaCDF ^a	1,36	1,66
23478-PentaCDF	0,62	0,94
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,95	0,93
123678-HexaCDF	1,04	0,94
123789-HexaCDF	0,10	0,09
234678-HexaCDF	0,43	0,59
1234678-HeptaCDF	2,36	3,22
1234789-HeptaCDF	0,21	0,30
Summe TetraCDD	1,5	1,5
Summe PentaCDD	1,7	2,5
Summe HexaCDD	1,6	2,1
Summe HeptaCDD	1,5	2,5
OctaCDD	2,7	4,2
Summe Tetra- bis OctaCDD	8,9	12,7
2378-TetraCDD	0,14	0,13
12378-PentaCDD	0,36	0,44
123478-HexaCDD	0,11	0,14
123678-HexaCDD	0,17	0,20
123789-HexaCDD	0,19	0,19
1234678-HeptaCDD	0,82	1,32
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	47,9	57,8
TE (BGA) exkl. NWG	1,14	1,26
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	1,12	1,33

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 17: Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 31; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	31	
	P 31.1 A	P 31.2 B
Probennummer		
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,549	0,349
Summe PentaCDF	0,653	0,678
Summe HexaCDF	0,282	0,604
Summe HeptaCDF	0,110	0,246
OctaCDF	0,025	0,084
Summe Tetra- bis OctaCDF	1,619	1,961
2378-TetraCDF	0,0294	0,0263
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0722	0,0771
23478-PentaCDF	0,0314	0,0457
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0491	0,1143
123678-HexaCDF	0,0382	0,0732
123789-HexaCDF	0,0037	0,0090
234678-HexaCDF	0,0120	0,0282
1234678-HeptaCDF	0,0975	0,1785
1234789-HeptaCDF	0,0088	0,0143
Summe TetraCDD	0,075	0,057
Summe PentaCDD	0,098	0,125
Summe HexaCDD	0,088	0,134
Summe HeptaCDD	0,020	0,035
OctaCDD	0,036	0,045
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,317	0,396
2378-TetraCDD	0,0062	0,0059
12378-PentaCDD	0,0129	0,0216
123478-HexaCDD	0,0039	0,0087
123678-HexaCDD	0,0061	0,0118
123789-HexaCDD	0,0082	0,0103
1234678-HeptaCDD	0,0103	0,0175
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	1,936	2,357
TE (BGA) exkl. NWG	0,0488	0,0660
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0482	0,0738

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 18:

Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 32; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
 Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	32	
	P 32.1 A	P 32.2 B
Probennummer		
Apparatur	A	B
Probennehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,028	0,041
Summe PentaCDF	0,040	0,054
Summe HexaCDF	0,043	0,062
Summe HeptaCDF	0,040	0,041
OctaCDF	0,014	0,035
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,165	0,233
2378-TetraCDF	0,0028	0,0040
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0057	0,0066
23478-PentaCDF	0,0032	0,0036
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0122	0,0251
123678-HexaCDF	0,0047	0,0048
123789-HexaCDF	0,0010	0,0012
234678-HexaCDF	0,0024	0,0021
1234678-HeptaCDF	0,0260	0,0255
1234789-HeptaCDF	0,0038	0,0041
Summe TetraCDD	0,007	0,007
Summe PentaCDD	0,008	0,010
Summe HexaCDD	0,010	0,010
Summe HeptaCDD	0,004	0,005
OctaCDD	0,010	0,012
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,039	0,044
2378-TetraCDD	0,0002	0,0007
12378-PentaCDD	0,0005	0,0014
123478-HexaCDD	0,0005	0,0006
123678-HexaCDD	0,0009	0,0009
123789-HexaCDD	0,0007	0,0006
1234678-HeptaCDD	0,0022	0,0024
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,204	0,277
TE (BGA) exkl. NWG	0,0050	0,0075
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0052	0,0078

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 19:

Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 33; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	33	
Probennummer	P 33.1	P 33.2
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,026	0,040
Summe PentaCDF	0,028	0,036
Summe HexaCDF	0,021	0,021
Summe HeptaCDF	0,021	0,007
OctaCDF	0,008	< 0,007
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,104	0,104
2378-TetraCDF	0,0021	0,0038
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0035	0,0045
23478-PentaCDF	0,0019	0,0032
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0033	0,0043
123678-HexaCDF	0,0031	0,0025
123789-HexaCDF	0,0005	0,0003
234678-HexaCDF	0,0017	0,0014
1234678-HeptaCDF	0,0150	0,0046
1234789-HeptaCDF	0,0015	0,0003
Summe TetraCDD	0,005	0,001
Summe PentaCDD	0,007	0,007
Summe HexaCDD	0,008	0,007
Summe HeptaCDD	0,003	0,003
OctaCDD	0,012	0,008
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,035	0,026
2378-TetraCDD	0,0002	0,0006
12378-PentaCDD	0,0006	0,0010
123478-HexaCDD	0,0004	0,0004
123678-HexaCDD	0,0007	0,0008
123789-HexaCDD	0,0006	0,0005
1234678-HeptaCDD	0,0021	0,0018
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,139	0,130
TE (BGA) exkl. NWG	0,0030	0,0038
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0031	0,0044

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 20: Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 34; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	34	
	P 34.1	P 34.2
Probennummer	A	B
Apparatur		
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	0,033	0,069
Summe PentaCDF	0,028	0,042
Summe HexaCDF	0,029	0,043
Summe HeptaCDF	0,029	0,014
OctaCDF	0,015	< 0,021
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,134	0,168
2378-TetraCDF	0,0028	0,0047
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0036	0,0059
23478-PentaCDF	0,0022	0,0042
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0043	0,0060
123678-HexaCDF	0,0038	0,0037
123789-HexaCDF	0,0007	0,0018
234678-HexaCDF	0,0028	0,0090
1234678-HeptaCDF	0,0216	0,0117
1234789-HeptaCDF	0,0017	< 0,0011
Summe TetraCDD	0,009	0,012
Summe PentaCDD	0,009	0,015
Summe HexaCDD	0,012	0,016
Summe HeptaCDD	0,006	0,009
OctaCDD	0,020	0,021
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,056	0,073
2378-TetraCDD	0,0002	0,0016
12378-PentaCDD	0,0005	0,0030
123478-HexaCDD	0,0005	< 0,0008
123678-HexaCDD	0,0010	0,0025
123789-HexaCDD	0,0011	0,0016
1234678-HeptaCDD	0,0031	0,0061
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,190	0,241
TE (BGA) exkl. NWG	0,0038	0,0076
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0037	0,0086

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 21:

Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 35; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A (Filter/Kondensationsverfahren) und B (Adsorptionsverfahren) durch ein Probenahme- und Analyseninstitut;
 Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	35	
	P 35.1 A	P 35.2 B
Probennummer		
Apparatur	A	B
Probenehmer u. Analyseninstitut	I	I
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetracDF	0,016	0,032
Summe PentaCDF	0,021	0,033
Summe HexaCDF	0,032	0,019
Summe HeptaCDF	0,039	0,011
OctaCDF	0,013	0,007
Summe Tetra- bis OctaCDF	0,121	0,102
2378-TetracDF	0,0017	0,0033
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,0027	0,0038
23478-PentaCDF	0,0018	0,0027
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,0111	0,0038
123678-HexaCDF	0,0030	0,0025
123789-HexaCDF	0,0010	0,0003
234678-HexaCDF	0,0017	0,0016
1234678-HeptaCDF	0,0242	0,0078
1234789-HeptaCDF	0,0045	0,0005
Summe TetracDD	0,004	0,007
Summe PentaCDD	0,004	0,010
Summe HexaCDD	0,007	0,010
Summe HeptaCDD	0,003	0,004
OctaCDD	0,007	0,009
Summe Tetra- bis OctaCDD	0,025	0,040
2378-TetracDD	0,0002	0,0006
12378-PentaCDD	0,0003	0,0009
123478-HexaCDD	0,0003	0,0005
123678-HexaCDD	0,0006	0,0008
123789-HexaCDD	0,0007	0,0007
1234678-HeptaCDD	0,0015	0,0022
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	0,146	0,142
TE (BGA) exkl. NWG	0,0036	0,0037
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,0037	0,0041

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 22: Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 23; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A, B (Adsorptionsverfahren) und C (Filter/Kondensationsverfahren) durch zwei verschiedene Probenahme- und Analyseninstitute; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	23		
	P 23.1 A I	P 23.2 B II	P 23.3 C II
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	2,28	2,25	1,99
Summe PentaCDF	2,15	1,38	1,53
Summe HexaCDF	0,91	0,62	0,63
Summe HeptaCDF	0,14	0,15	0,17
OctaCDF	0,01	0,01	0,02
Summe Tetra- bis OctaCDF	5,49	4,41	4,37
2378-TetraCDF	0,064	0,066	0,063
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,195	0,111	0,124
23478-PentaCDF	0,088	0,058	0,069
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,121	0,067	0,082
123678-HexaCDF	0,132	0,080	0,078
123789-HexaCDF	0,014	0,004	0,004
234678-HexaCDF	0,035	0,031	0,037
1234678-HeptaCDF	0,107	0,112	0,125
1234789-HeptaCDF	0,006	0,007	0,009
Summe TetraCDD	0,25	0,35	0,35
Summe PentaCDD	0,32	0,30	0,31
Summe HexaCDD	0,56	0,35	0,39
Summe HeptaCDD	0,30	0,18	0,18
OctaCDD	0,20	0,11	0,11
Summe Tetra- bis OctaCDD	1,63	1,29	1,34
2378-TetraCDD	0,007	0,005	0,009
12378-PentaCDD	0,030	0,023	0,025
123478-HexaCDD	0,014	0,009	0,011
123678-HexaCDD	0,027	0,016	0,020
123789-HexaCDD	0,024	0,016	0,020
1234678-HeptaCDD	0,160	0,091	0,091
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	7,12	5,69	5,71
TE (BGA) exkl. NWG	0,142	0,103	0,111
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,122	0,082	0,095

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 23: Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 24; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A, B (Adsorptionsverfahren) und C (Filter/Kondensationsverfahren) durch zwei verschiedene Probenahme- und Analyseninstitute; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	24		
	P 24.1 A I	P 24.2 B II	P 24.3 C II
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	1,83	1,65	0,87
Summe PentaCDF	1,62	1,01	1,20
Summe HexaCDF	0,61	0,37	0,46
Summe HeptaCDF	0,08	0,10	0,12
OctaCDF	< 0,03	0,01	0,01
Summe Tetra- bis OctaCDF	4,14	3,14	2,66
2378-TetraCDF	0,047	0,055	0,056
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,130	0,089	0,103
23478-PentaCDF	0,061	0,058	0,064
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,072	0,047	0,059
123678-HexaCDF	0,072	0,051	0,058
123789-HexaCDF	0,006	0,003	0,002
234678-HexaCDF	0,024	0,022	0,028
1234678-HeptaCDF	0,063	0,073	0,087
1234789-HeptaCDF	0,002	0,004	0,005
Summe TetraCDD	0,25	0,30	0,27
Summe PentaCDD	0,23	0,21	0,31
Summe HexaCDD	0,39	0,26	0,32
Summe HeptaCDD	0,24	0,14	0,15
OctaCDD	0,11	0,09	0,10
Summe Tetra- bis OctaCDD	1,22	0,98	1,15
2378-TetraCDD	0,006	0,005	0,007
12378-PentaCDD	0,020	0,014	0,022
123478-HexaCDD	0,008	0,006	0,007
123678-HexaCDD	0,018	0,014	0,016
123789-HexaCDD	0,019	0,010	0,014
1234678-HeptaCDD	0,123	0,067	0,075
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	5,36	4,12	3,81
TE (BGA) exkl. NWG	0,100	0,078	0,081
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,082	0,068	0,081

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

Tabelle 24: Abgas mit relativ niedriger PCDF/D-Konzentration; Meßserie 25; zeitgleiche Probenahme mit Apparatur A, B (Adsorptionsverfahren) und C (Filter/Kondensationsverfahren) durch zwei verschiedene Probenahme- und Analyseninstitute; Bezug: 0°C, 1.013 hPa, trocken

Meßserie	25		
	P 25.1 A I	P 25.2 B II	P 25.3 C II
PCDF/PCDD	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Summe TetraCDF	1,72	1,77	2,22
Summe PentaCDF	1,23	1,16	1,36
Summe HexaCDF	0,47	0,45	0,47
Summe HeptaCDF	0,07	0,10	0,10
OctaCDF	0,01	0,01	0,01
Summe Tetra- bis OctaCDF	3,50	3,50	4,15
2378-TetraCDF	0,047	0,061	0,055
12378-/12348-PentaCDF ^a	0,095	0,102	0,095
23478-PentaCDF	0,049	0,050	0,056
123478-/123479-HexaCDF ^a	0,060	0,051	0,055
123678-HexaCDF	0,063	0,055	0,055
123789-HexaCDF	0,005	0,003	0,002
234678-HexaCDF	0,020	0,022	0,024
1234678-HeptaCDF	0,056	0,078	0,075
1234789-HeptaCDF	0,003	0,004	0,004
Summe TetraCDD	0,20	0,22	0,34
Summe PentaCDD	0,27	0,26	0,22
Summe HexaCDD	0,42	0,34	0,30
Summe HeptaCDD	0,14	0,13	0,12
OctaCDD	0,14	0,08	0,08
Summe Tetra- bis OctaCDD	1,17	1,02	1,05
2378-TetraCDD	0,007	0,005	0,006
12378-PentaCDD	0,018	0,017	0,017
123478-HexaCDD	0,009	0,007	0,007
123678-HexaCDD	0,017	0,013	0,014
123789-HexaCDD	0,015	0,011	0,009
1234678-HeptaCDD	0,071	0,065	0,063
Summe Tetra- bis OctaCDF/D	4,67	4,51	5,21
TE (BGA) exkl. NWG	0,087	0,084	0,091
ITE (NATO/CCMS) exkl. NWG	0,070	0,067	0,070

Konzentrationsangaben bei Summenwerten berücksichtigen nur nachgewiesene Kongenere.

a an der GC-Phase SP-2331 nicht trennbare Isomere

LIS-Berichte

der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus dem Untersuchungs- und Forschungsprogramm der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anfrage hin kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Bestellungen sind zu richten an die



Die Titel der LIS-Berichte Nr. 1 bis 50 sind in einem Prospekt nachgewiesen, der auf Anfrage gerne zugeschickt wird. Diese Berichte sind, bis auf teilweise noch verfügbare Überstücke, vergriffen.

- Berichte-Nr. 51: Herpertz, E., J. Assmann, D. Krane, E. Hartmann, B. Steck, E. Brewig und J. Krochmann:
(vergriffen) Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions-Meß- und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO (1984).
- Berichte-Nr. 53: Beier, R.:
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983 (1985).
- Berichte-Nr. 54: Bröker, G. und H. Gliwa:
(vergriffen) Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der 12 Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen (1985).
- Berichte-Nr. 55: Külske, S., J. Giebel, H.-U. Pfeffer und R. Beier:
(vergriffen) Analyse der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband (1985)
Teil 2: Meßergebnisse (1985).
- Berichte-Nr. 56: Splittergerber, H., M. Klein und P. Neutz:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: Prinz, B., J. Hradetzky, H.-U. Pfeffer, H.W. Zöttl und H.-K. Lichtenthaler:
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden (1985).
- Berichte-Nr. 58: Giebel, J. und W. Stramplat:
(vergriffen) Untersuchung über die Eignung des Korrelationspektrometers COSPEC V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (1986).

- Berichte-Nr. 59: Prinz, B., D. Schwela, E. Koch, S. Ganser und T. Eikmann:
(vergriffen) Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen (1986)..
- Berichte-Nr. 60: Manns, H. und H. Gies:
(vergriffen) Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH (1986).
- Berichte-Nr. 61: Splittgerber, H.:
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
(vergriffen) Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in Nordrhein-Westfalen (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
(vergriffen) Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air (1987). (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62)
- Berichte-Nr. 63: Giebel, J.:
(vergriffen) Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissionssimulation (1986).
- Berichte-Nr. 64: Winkler, H.D.:
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: Wietlake, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungseinwirkungen durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung (1986).
- Berichte-Nr. 66: Hrg.: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW:
(vergriffen) Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9. Oktober 1985 in der LIS, Essen (bearb. von W. Fronz). (1986).
- Berichte-Nr. 67: Assmann, J.:
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (1986).
- Berichte-Nr. 68: Manns, H. und H. Gies:
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m³/h für die automatisierte Immissionsmessung (1986).
- Berichte-Nr. 69: Beine, H.:
(vergriffen) Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung (1987).
- Berichte-Nr. 70: Buck, M. und H.-U. Pfeffer:
(vergriffen) Air Quality Surveillance in the State North-Rhine-Westphalia (F.R.G.). (Vollständig neu bearbeitete Fassung LIS-Berichtes Nr. 46) (1987).
- Berichte-Nr. 71: Wefers, H. und H. Katzer:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken (1987).
- Berichte-Nr. 72: Beier, R., J. Kohlert und M. Buck:
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984 bis 1986 (1987).
- Berichte-Nr. 73: Schade, H.:
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost. (1987).

- Berichte-Nr. 74: Beier, R. und M. Buck:
(vergriffen) Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft (1988).
- Berichte-Nr. 75: Koch, E. und P. Altenbeck:
(vergriffen) Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes (1988).
- Berichte-Nr. 76: Giebel, J.:
(vergriffen) Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation (1988).
- Berichte-Nr. 77: Külske, S., R. Beier und H.-U. Pfeffer:
(vergriffen) Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988).
- Berichte-Nr. 78: Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:
(vergriffen) Bestimmung von Benzol in Abgasen (1988).
- Berichte-Nr. 79: Wietlake, K.-H.:
(vergriffen) Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern (1988).
- Berichte-Nr. 80: Krause, G.H.M. und B. Prinz:
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der neuartigen Waldschäden (1989).
- Berichte-Nr. 81: Goldberg, K.H.:
(vergriffen) Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei Kleinkaliberschießständen (1988).
- Berichte-Nr. 82: Buck, M. und K. Ellermann:
(vergriffen) Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen (1988).
- Berichte-Nr. 83: Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen nach der Störfall-Verordnung (1988).
- Berichte-Nr.84: Wefers, H., T. Schulz und R. John:
(vergriffen) Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung (1988).
- LIS-Bericht-Nr. 84 wurde ersetzt durch den LIS-Bericht-Nr. 105 (1992)!
- Berichte-Nr. 85: Krause, G.H.M.:
Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie (1988).
- Berichte-Nr. 86: Katzer, H. und R. John:
Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO_x-Anlagen - Ergebnisse an einer Versuchsanlage - (1989).
- Berichte-Nr. 87: Kirschmer, P. und A. Gerlach:
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse, Ergebnisse - (1989).
- Berichte-Nr. 88: Euteneuer, U., H. Katzer und H. Wefers:
Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage nach einem modifizierten PAAG-Verfahren am Beispiel eines Flüssiggaslagers (1989).
- Berichte-Nr. 89: Beier, R. und A. Doppelfeld:
Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität (1989).
- Berichte-Nr. 90: Beier, R. und J. Kohlert:
Pilotstudie zur Überwachung von Tetrachlorethen in der Nachbarschaft von Chemisch-Reinigungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1989).

- Berichte-Nr. 91: Gem. Hrsg: Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen.:
Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung.
Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der LIS NRW, Essen ,
Tagungsbericht. (bearb. von M. Buck) (1989).
- Berichte-Nr. 92: Kirschmer, P. und P. Eynck:
Meßverfahren mit automatisierter Probenahme zur Bestimmung von Aldehyden in der Luft (1989).
- Berichte-Nr. 93: Ehl, W. und A. Ertl:
Kriterien-Katalog zur "Prüftiefe" bei Sicherheitsanalysen am Beispiel eines Flüssig-
gaslagers. (1990).
- Berichte-Nr. 94: Manns, H., G. Nitz und B. Striefler:
Weiterentwicklung und Erprobung von Immissionsmeßverfahren für gesundheitsge-
fährdende organische Stoffe. (1990).
- Berichte-Nr. 95: Splittgerber, H. und R. Hillen:
Wahrnehmungsschwelle für Ganzkörperschwingungen in sitzender Körperhaltung.
(1991).
- Berichte-Nr. 96: Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz NRW:
Großvolumige Behälter zur erdgedeckten Lagerung von druckverflüssigtem
Propan, Butan und Ammoniak (bearb. von W. v. Borries und H. Katzer).
(1991).
- Berichte-Nr. 97: Hansmann, G. und H. Wefers:
Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltren an Abfallverbrennungsanlagen
- Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung
(1991)
- Berichte-Nr. 98: Koch, E. und P. Altenbeck:
Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Richtlinie der EG in den Mitgliedstaaten.
(1992)
- Berichte Nr. 99: Beisheim, K., A. Ertl und H. Wefers:
Sicherheitsanalysen zu Pflanzenschutzmittellägern
- gutachterliche Bewertung zweier Beispiele.
(1992)
- Berichte Nr. 100: Pfeffer, H.-U., H. Dobrick und R. Junker:
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Anforderungen an die Telemetrischen Echtzeit-Immissionsmeßsysteme TEMES und
MILIS in NRW.
(1992)
- Berichte Nr. 101: Beier, R. und A. Doppelfeld:
Räumliche Übertragbarkeit und Interpolation von Luftqualitätsdaten im Meßnetz TE-
MES.
(1992)
- Berichte Nr. 102: Essers, K.-H.:
Praxiserfahrungen mit dem LIS-Olfaktometer MEO-5.
(1992)
- Berichte Nr. 103: Bröker, G., K.-J. Geueke, E. Hiester und H. Niesenhaus:
Emission polychlorierter Dibenzo-p-dioxine und -furane aus Hausbrand-Feuerungen.
(1992)
- Berichte-Nr. 104: Manns, H. und H. Gies:
Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I-N (1 und 3 m³/h, geregelt) für die
automatisierte Immissionsmessung.
(1992).

Berichte-Nr. 105: Howe, U., M. Mayer, T. Schulz und A. Ertl:
Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfallverordnung.
(1992)

- **Hinweis:**

Die Grundlage des LIS-Berichtes bildet eine ständig fortgeschriebene PC-Organismen- und Stoffliste mit modularem Aufbau (mit mehr als 30 Einzellisten) die von der LIS mit Hilfe einer relationalen Datenbank für Personalcomputer erstellt wurde. Die PC-Organismen- und Stoffliste kann auf PC mit Festplatte und dem Betriebssystem MS-DOS (IBM-kompatibel) betrieben werden. Sie kann bei der LIS, SG 323, Tel.: (0201) 72 00 6-50/51, Telefax: (0201) 72 00 6-57, zum Preis von DM 450,- bestellt werden.

Berichte-Nr. 106: Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz NRW:
Sachverständigenanhörung zum Thema "Immissionsbedingte Materialschäden".
Tagungsbericht (Wortprotokoll) der Veranstaltung vom 27. bis 29. Mai 1991 in
Essen (bearb. von I. Köth-Jahr) (1992).

Berichte-Nr. 107: Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz NRW:
Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschallein-
wirkungen (bearb. von D. Piorr) (1992).

Berichte-Nr. 108: Hillen, R.:
Schallimmissionspläne - Basis von Lärminderungsplänen (1993)